

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

APPLICANTS : Jong-Kwon Kim et al.  
SERIAL NO. : Not Yet Assigned  
FILED : February 18, 2004  
FOR : BI-DIRECTIONAL WAVELENGTH DIVISION  
MULTIPLEXING SELF-HEALING OPTICAL RING NETWORK

**PETITION FOR GRANT OF PRIORITY UNDER 35 USC 119**

MAIL STOP PATENT APPLICATION  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. BOX 1450  
ALEXANDRIA, VA. 22313-1450

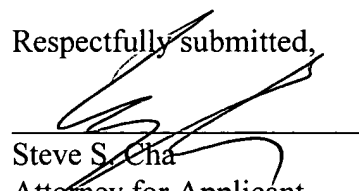
Dear Sir:

Applicant hereby petitions for grant of priority of the present Application on the basis of the following prior filed foreign Application:

<u>COUNTRY</u>	<u>SERIAL NO.</u>	<u>FILING DATE</u>
Republic of Korea	2003-27671	April 30, 2003

To perfect Applicant's claim to priority, a certified copy of the above listed prior filed Application is enclosed. Acknowledgment of Applicant's perfection of claim to priority is accordingly requested.

Respectfully submitted,

  
Steve S. Cha  
Attorney for Applicant  
Registration No. 44,069

CHA & REITER  
210 Route 4 East, #103  
Paramus, NJ 07652  
(201) 226-9245

Date: February 18, 2004

**Certificate of Mailing Under 37 CFR 1.8**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to MAIL STOP PATENT APPLICATION, COMMISSIONER FOR PATENTS, P. O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA. 22313-1450 on February 18, 2004.

Steve S. Cha, Reg. No. 44,069  
Name of Registered Rep.)

  
(Signature and Date)



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 10-2003-0027671  
Application Number

출원년월일 : 2003년 04월 30일  
Date of Application APR 30, 2003

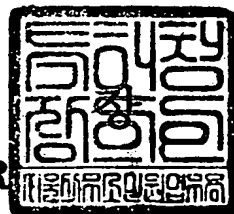
출원인 : 삼성전자주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003      년      06      월      05      일

특      허      청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0009
【제출일자】	2003.04.30
【국제특허분류】	H04Q
【발명의 명칭】	파장분할다중방식 자기치유 양방향 환형 광통신망
【발명의 영문명칭】	WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXIED SELF-HEALING OPTICAL RING NETWORKS
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	2003-001449-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김종권
【성명의 영문표기】	KIM, Jong Kwon
【주민등록번호】	710112-1231112
【우편번호】	300-802
【주소】	대전광역시 동구 가양2동 146-12
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이기철
【성명의 영문표기】	LEE, Ki Cheol
【주민등록번호】	721121-1392810
【우편번호】	442-756
【주소】	경기도 수원시 팔달구 원천동 원천주공2단지아파트 201동 1701호
【국적】	KR

**【발명자】****【성명의 국문표기】**

고준호

**【성명의 영문표기】**

KOH, Jun Ho

**【주민등록번호】**

660407-1063421

**【우편번호】**

442-745

**【주소】**경기도 수원시 팔달구 영통동 황골마을풍림아파트 231동  
601호**【국적】**

KR

**【심사청구】**

청구

**【취지】**특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
이건주 (인)**【수수료】****【기본출원료】**

20 면 29,000 원

**【가산출원료】**

11 면 11,000 원

**【우선권주장료】**

0 건 0 원

**【심사청구료】**

6 항 301,000 원

**【합계】**

341,000 원

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 제1 환형 망과 제2 환형 망에서 각각 N개의 광신호를 처리하고, 제1 환형 망과 제2 환형 망중 하나에 장애가 발생하는 경우 다른 하나의 환형망을 이용하여 보호 절체를 행하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광통신망에 있어서, 상기 광통신망의 각 노드는, 상기 제1 환형 망 및 제2 환형 망에 대해 각각 구비되고  $1 \times N$ 의 용량을 각각 갖는 역다중화기와 다중화기를 갖는 광분기 결합기들과, 상기 제1 환형 망과 상기 제2 환형 망에 걸쳐 구비되고 상기 광분기 결합기와 다른 노드에 연결되는 광 섬유 링크 사이에 결합된 한 쌍의 스위칭 장치와, 상기 제1 환형 망 및 제2 환형 망에 대해 구비된 광분기 결합기의 양단에 각각 구비되며, 상기 스위칭 장치에 연결되고 모든 대역의 파장이 통과할 수 있는 포트 1, 상기 환형 망들중 하나에서 처리하는 파장 대역의 광 신호만을 통과할 수 있는 포트 2 및 상기 환형 망들 중 다른 하나에서 처리하는 파장 대역의 광 신호만을 통과할 수 있는 포트 3을 갖는 파장 엇갈림기들을 구비하고, 상기 파장 엇갈림기는 광섬유 링크에 장애가 생기는 경우 자신이 속하는 환형 망에서 처리하는 광 신호를 자신이 연결된 광분기 결합기의 일단에 전달하고 자신이 속하지 않는 환형 망에서 처리하는 광 신호는 자신에 연결된 광 분기 결합기를 통과하지 않고 광분기 결합기의 타단의 파장 엇갈림기에 전달한다.

## 【대표도】

도 3

## 【색인어】

광 통신망, 파장 엇갈림기

**【명세서】****【발명의 명칭】**

파장분할다중방식 자기치유 양방향 환형 광통신망{WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXIED SELF-HEALING OPTICAL RING NETWORKS}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 종래의 링크 보호절체 방식을 사용하는 양방향 광통신망의 구성과 보호절체 방식을 보여주는 도면,

도 2는 종래의 광회선분배기의 구조를 보여주는 도면,

도 3은 본 발명에서 사용된 파장 엇갈림기(Wavelength Interleaver)의 기능을 보여주는 도면,

도 4은 본 발명의 일실시예에 따라 구성된 광분기결합기와 2x2 광 스위칭 장치의 구성도,

도 5는 본 발명의 광분기결합기와 2x2 광 스위칭 장치를 이용한 환형 광통신망의 구성도,

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따라 구성된 광분기 결합기와 4x4 광 스위칭 장치의 구성도,

도 7은 본 발명의 광분기결합기와 4x4 스위칭 장치를 이용한 양방향 환형 광통신망의 구성도,

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 보호절체를 위한 양방향 환형 광통신망 노드의 상태를 세부적으로 도시한 도면.

**【발명의 상세한 설명】**

**【발명의 목적】**

**【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<9> 본 발명은 파장분할다중(wavelength division multiplexing) 기술에 기반한 광통신망에 관한 것으로 더욱 상세히 말하자면, 양방향으로 광신호를 전송하고 자기치유(self-healing)가 가능한 환형 광통신망(optical ring network)과 장애 발생 시, 전송신호를 효율적으로 보호절체할 수 있는 방법에 관한 것이다.

<10> 최근, 한가닥의 광섬유를 통해 여러 개의 파장을 전송하는 파장분할다중 기술이 실용화됨에 따라 다수의 초고속 대용량 광신호의 전송이 가능하게 되었다. 뿐만 아니라, 소자 기술의 발달로 광 계층에서 광신호의 경로설정, 스위칭 및 분기/결합이 가능해짐으로써, 파장분할다중 기술에 기반한 광통신망의 구축이 가능하게 되었다.

<11> 파장분할다중방식 광통신망은 광분기결합기를 사용하는 환형망과 광회선분배기를 사용하는 그물형 망으로 일반화할 수 있다. 이러한 광통신망에서는 각 광섬유를 통해 대용량, 초고속의 데이터가 전송되므로, 장애 발생에 대해 효율적으로 대처할 수 있는 광통신망의 설계 및 구현이 필연적으로 요구된다. 그물형망의 경우 각 광통신망 노드가 다수의 광섬유로 연결되어 있기 때문에, 장애에 대한 보호 절체가 복잡하고 보호 절체의 속도 또한 느리다. 그러나, 환형망은 망 노드인 광

분기결합기에 2 가닥의 광섬유 혹은 4 가닥의 광섬유만이 연결되어 있기 때문에, 장애에 대한 보호절체가 용이하여 현재 가장 많이 사용되고 있는 광통신망이다.

<12> 파장분할다중방식 환형 광통신망의 노드는 광신호의 분기(drop) 혹은 결합(add)을 위한 스위칭 장치가 구비된 광분기결합기와 망의 보호 절체를 위한 스위칭 장치로 구성될 수 있다. 이러한 환형망은 보호절체 방법에 따라 경로(path) 보호절체와 링크(link) 보호절체를 사용한 망으로 나눌 수 있고, 입출력 광섬유의 수에 따라 2 가닥 혹은 4 가닥을 사용하며, 데이터의 전송 방향에 따라 단방향 전송망과 양방향 전송망으로 나눌 수 있다. 특히, 2 가닥의 광섬유로 구성되고 양방향으로 광신호를 전송하는 종래의 파장분할다중방식 환형 통신망은 루프백(loop-back) 원리를 이용한 링크 보호절체 방법을 사용한다.

<13> 도 1은 종래의 링크 보호절체 방식을 사용하는 양방향 광통신망의 구성과 보호절체 방식을 보여준다. 도 1에 도시된 바와 같이, 환형망의 각 노드는 안쪽 링과 바깥쪽 링을 통해 광신호를 분기 혹은 결합시키는 광분기결합기(10a-40a, 10b-40b)와 보호절체를 위한 2x2 스위칭 장치(110-180)로 구성되어 있다. 바깥쪽 링(4)의 경우, 파장이  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$ 인 광신호를 전송하고, 안쪽 링(2)의 경우, 파장이  $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \lambda_{N+3}, \dots, \lambda_{2N}$ 인 광신호를 처리하며, 바깥쪽 링(4)은 시계 방향으로 안쪽 링(2)은 반시계 방향으로 광신호를 전송한다.

<14> 광섬유 링크에 장애가 발생할 경우, 광 통신망은 장애가 발생한 링크의 양쪽 끝에 위치한 두개의 2x2 광 스위칭 장치를 사용하여 광신호를 루프백하여 반대 방향으로 전송함으로써 보호절체를 수행한다. 예를 들어, 도 1의 (b)를 참조하면 광



분기결합기1a(10a)와 광분기결합기2a(20a)를 잇는 광섬유 링크에 장애가 발생할 경우, 광분기결합기1a(10a)에서 광분기결합기2a(20a)로 전송되어 질 광신호  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$ 은 스위칭 장치12(120)를 통해 광분기결합기1b(10b)로 루프백되어 안쪽 링(2)을 통해 반시계 방향으로 전송된다. 안쪽 링(2)을 통해 전송된 광신호  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$ 은 스위칭 장치21(130)을 통해 광분기결합기2b(20b)에서 광분기결합기2a(20a)로 전달되어 보호절체가 이루어진다.

<15> 환형망이 정상 동작할 경우 2x2 광 스위칭 장치(110-180)는 평행상태(bar)에 놓여 있기 때문에 입력1(i1)로 인가된 신호는 출력1(o1)로 전달되고 입력2(i2)로 인가된 신호는 출력2(o2)로 전달된다. 그러나, 장애가 발생할 경우 광 스위칭 장치(110-180)는 교차상태(cross)에 놓이게 되어 입력1로 인가된 신호는 출력2로 전달되고 입력2로 인가된 신호는 출력1로 전달된다. 도 1의 (b)에서 스위칭 장치21(130)의 상태를 교차상태로 놓음으로써, 장애가 발생한 링크를 지나는 신호뿐만 아니라, 광분기결합기2b(20b)에서 광분기결합기1b(10b)로 반시계방향으로 전송되던 파장이  $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \lambda_{N+3}, \dots, \lambda_{2N}$ 인 광신호도 더불어 루프백되어 바깥쪽 링(4)을 통해 시계 방향으로 전송된 후, 광분기결합기1a(10a)에서 광 스위칭 장치12(120)를 통해 광분기결합기1b(10b)로 전달된다. 장애가 발생한 링크와 인접하지 않은 노드의 광 스위칭 장치는 상태의 변경 없이 그대로 평행상태에 놓여 있게 된다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<16> 그런데, 종래의 기술을 사용하여 2 가닥의 광섬유로 구성된 양방향 자기치유 환형 광통신망을 구현할 경우 3가지의 문제점이 발생하게 된다. 첫째로, 전송 광신호 채널

간격이 좁혀질 때, 광섬유의 비선형 특성에 의해 신호의 품질 열화를 초래한다. 둘째로, 광분기결합기를 구성하는 요소 중 하나인 다중화기와 역다중화기의 처리 용량이 실제 전송을 위해 필요한 용량의 2배가 필요하게 된다. 왜냐하면, 종래의 기술은 장애 발생시 보호절제를 위해 루프백한 신호와 기존의 전송신호를 동시에 다중화하고 역다중화하기 때문이다.

<17> 도 2는 종래의 광회선분배기의 구조를 보여준다. 위쪽의 광분기결합기가 바깥쪽 링(4)의 노드로 동작하고, 아래쪽의 광분기결합기(2)가 안쪽 링의 노드로 동작한다고 할 때, 각각의 처리 파장은 위쪽이  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$  이고, 아래쪽이  $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \lambda_{N+3}, \dots, \lambda_{2N}$ 이다. 그러나, 위쪽 광분기결합기(10a)의 경우 다중화기(14)와 역다중화기(12)의 용량은 전송신호가 루프백 되는 경우를 고려하여,  $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \lambda_{N+3}, \dots, \lambda_{2N}$  파장의 신호가 통과할 수 있도록 다중화 및 역다중화가 이루어져야 한다. 마찬가지로 아래쪽 광분기결합기(10b)의 경우도  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N$  파장의 신호를 위한 다중화 및 역다중화 작업이 이루어져야 한다. 따라서, N개의 광신호를 전달하기 위한 광분기결합기의 다중화기 및 역다중화기의 용량은  $1 \times 2N$ 이 되어야 한다.

<18> 세번째 문제점으로는 장애가 발생하지 않은 링크를 지나는 신호도 더불어 루프백된다는 점이다. 도 1을 참조하면, 안쪽 링(2)에서 장애가 발생하지 않은 링크를 지나는  $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \lambda_{N+3}, \dots, \lambda_{2N}$ 의 광신호도 루프백 되어 바깥쪽 링(4)의 시계방향으로 전송되게 된다. 이 때, 전송 신호의 중단 및 데이터 손실을 유발하는 문제가 발생한다.

<19> 따라서, 본 발명의 목적은 종래 기술의 문제점인 광분기결합기의 다중화 및 역다중화기 용량을 절반으로 줄이고, 루프백이 필요치 않은 신호의 경우, 루프백되지 않고 그

대로 전송될 수 있는 경제적이고 효율적인 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광통신망을 제공함에 있다.

### 【발명의 구성 및 작용】

<20> 이를 위해 본 발명은 제1 환형 망과 제2 환형 망에서 각각 N개의 광신호를 처리하고, 제1 환형 망과 제2 환형 망중 하나에 장애가 발생하는 경우 다른 하나의 환형망을 이용하여 보호 절체를 행하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광통신망에 있어서, 상기 광 통신망의 각 노드는, 상기 제1 환형 망 및 제2 환형 망에 대해 각각 구비되고  $1 \times N$ 의 용량을 각각 갖는 역다중화기와 다중화기를 갖는 광분기 결합기들과, 상기 제1 환형 망과 상기 제2 환형 망에 걸쳐 구비되고 상기 광분기 결합기와 다른 노드에 연결되는 광 섬유 링크 사이에 결합된 한 쌍의 스위칭 장치와, 상기 제1 환형 망 및 제2 환형 망에 대해 구비된 광분기 결합기의 양단에 각각 구비되며, 상기 스위칭 장치에 연결되고 모든 대역의 파장이 통과할 수 있는 포트 1, 상기 환형 망들중 하나에서 처리하는 파장 대역의 광 신호만을 통과할 수 있는 포트 2 및 상기 환형 망들 중 다른 하나에서 처리하는 파장 대역의 광 신호만을 통과할 수 있는 포트 3을 갖는 파장 엇갈림기들을 구비하고, 상기 파장 엇갈림기는 광섬유 링크에 장애가 생기는 경우 자신이 속하는 환형 망에서 처리하는 광 신호를 자신이 연결된 광분기 결합기의 일단에 전달하고 자신이 속하지 않는 환형 망에서 처리하는 광 신호는 자신에 연결된 광 분기 결합기를 통과하지 않고 광분기 결합기의 타단의 파장 엇갈림기에 전달하는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광 통신망을 제공한다.

<21> 본 발명은 전송 광신호의 채널 간격을 종래의 방법에 비해 2 배로 늘임으로써, 광섬유에서의 비선형 현상의 영향을 최소화할 수 있도록 하였고, 양방향 자기치유 환형 광통신망에서 보호절체를 위해 루프백 방식을 사용하더라도 종래 기술에서 광분기결합기에 요구되었던 다중화기와 역다중화기의 용량을 절반으로 줄이기 위해 파장 엇갈림기만을 추가하여 광분기결합기를 구성하였다. 또, 장애가 발생하지 않은 링크를 통과하는 광신호는 루프백되지 않고 정상적으로 전송될 수 있도록 광통신망을 구성하였다.

<22> 도 3은 본 발명에서 사용된 파장 엇갈림기(Wavelength Interleaver)의 기능을 보여주는 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 파장 엇갈림기(300)는 포트1, 포트2 및 포트3의 3개의 포트를 갖는다. 본 발명에 따른 파장 엇갈림기(300)는 포트 1을 통과하는 신호의 파장이  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_N, \lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \lambda_{N+3}, \dots, \lambda_{2N}$  이라고 할 때, 포트 2를 통과하는 신호의 파장은  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 의 홀수번째 채널이고, 포트 3을 통과하는 신호의 파장은  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$ 의 짝수번째 채널이 되도록 구현된 수동형 소자이다.

<23> 도 4은 본 발명의 일실시예에 따라 구성된 광분기결합기와 2x2 광 스위칭 장치의 구성도이다. 도 5는 본 발명의 광분기결합기와 2x2 광 스위칭 장치를 이용한 환형 광통신망의 구성도로서, 도 5의 (a)는 전송 링크의 장애 없이 정상 동작하는 경우이고, 도 5의 (b)는 도 5의 (a)의 환형 광통신망에서 광분기결합기1a와 광분기결합기2a를 연결하는 광섬유 전송 링크에 장애가 발생한 경우이다.

<24> 도 4 및 도 5를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따라 바깥쪽 환형망(4) 및 안쪽 환형망(2)의 각 노드는 각각 광신호를 분기 혹은 결합시키는 광분기 결합기(예컨대 210a, 210b)를 포함한다. 각 광분기결합기(210a, 210b)는 1xN WDM 역다중화기(212), 1xN

WDM 다중화기(214) 및 N개의  $2 \times 2$  광 스위치(216-1, 216-2, ..., 216-N)를 구비한다.  $2 \times 2$  광 스위칭 장치(110, 120)는 광분기결합기(210a, 210b)의 양 옆에 바깥쪽 환형 망(4)과 안쪽 환형 망(2)에 걸쳐 연결되어 있다. 바깥쪽 환형 망(4)은 안쪽 환형망(2) 광섬유 링크에 장애가 발생했을 때, 루프백을 이용해 우회로를 제공함으로써 보호절체를 수행하기 위해 사용된다. 또한, 안쪽 환형 망(2)은 바깥쪽 환형망(2) 광섬유 링크에 장애가 발생했을 때 루프백을 이용해 우회로를 제공함으로써 보호절체를 수행하기 위해 사용된다. 즉, 바깥쪽 환형 망(4)은 정상 동작을 위한 망으로 기능할 뿐만 아니라 안쪽 환형 망(2)에 대한 보호 절체를 위한 망(2)으로 기능한다. 마찬가지로, 안쪽 환형 망(2)은 정상 동작을 위한 망으로 기능할 뿐만 아니라 바깥쪽 환형 망(4)에 대한 보호 절체를 위한 망(2)으로 기능한다. 바깥쪽 환형 망(4)의 경우, 파장이  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 인 홀수번째 광신호를 전송하고, 안쪽 환형 망(2)의 경우 짝수번째 채널의 파장  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$ 인 짝수번째 광신호를 처리하며, 바깥쪽 환형 망(4)은 시계 방향으로 안쪽 환형 망(2)은 반시계 방향으로 광신호를 전송한다.

<25> 따라서 바깥쪽 환형 망(4)의 각 노드에 구비된 광분기결합기a OADMa(예컨대 210a)는 시계 방향(오른쪽)으로  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$  파장의 홀수번째 신호를 분기 및 결합하는 기능을 수행한다. 안쪽 환형 망(2)의 각 노드에 구비된 광분기결합기b OADMb(예컨대, 210b)는 반시계 방향(왼쪽)으로  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$  파장의 짝수번째 신호를 분기 및 결합하는 기능을 수행한다.

<26> 종래 기술의 광 통신망에서 채널 간격이  $\Delta \lambda$  ( $\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ )이라고 했을 때, 본 발명에 따른 채널 간격은  $2 \Delta \lambda$  ( $2 \Delta \lambda = \lambda_3 - \lambda_1$ )이 된다. 이와 같이 전송 광 신호의 채널 간격을 넓게 함으로써, 본 발명은 파장분할다중 방식 광 전송에서 발생할

수 있는 상호위상변조의 영향이나 필터의 투과 특성에 따른 누화의 영향과 같은 인접 채널에 의한 영향을 최소화할 수 있다.

<27>      또, 본 발명의 일실시예에 따라 광분기 결합기(210a,210b)의 양단에 파장 엇갈림기(wavelength interleaver)(310,312,314,316)가 각각 연결되어 있다. 파장 엇갈림기(310,312,314,316)는  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 의 파장 대역과  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$ 의 파장대역을 다중화 또는 역다중화하는 수동 소자이다. 파장 엇갈림기(310,312,314,316)는 모든 대역의 파장이 통과할 수 있는 포트 1, 포트  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 의 파장 대역의 신호만 통과할 수 있는 포트 2 및  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$ 의 파장 대역 신호만 통과할 수 있는 포트 3을 갖는다. 파장 엇갈림기(310,312,314,316)의 하나의 포트는 광스위칭 장치(110 또는 120)에 연결되고 다른 포트는 해당 환형 망(2 또는 4) 노드 상의 대응하는 다른 파장 엇갈림기(312,310,316,314)에 연결되어 있다. 또, 파장 엇갈림기 (310,312,314,316)의 또다른 하나의 포트는 광분기 결합기(210a 또는 210b)에 연결되어 있다. 예컨대, 파장 엇갈림기(310)의 포트 1은 광 스위칭 장치(110)에 연결되고 포트 2는 광분기 결합기a(210a)의 일단에 연결되어 있다. 또한, 파장 엇갈림기(310)의 포트 3은 해당 환형망(4) 노드 상의 대응하는 다른 파장 엇갈림기(312)의 포트 3에 연결되어 있다.

<28>      본 발명의 양방향 환형 광통신망이 장애 없이 정상 동작할 경우에는 바깥쪽 환형 망(4)의 광분기 결합기a(210a)에는 파장이  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 인 광신호가 입력되고, 안쪽 환형 망(2)의 광분기결합기b(210b)에는 파장이  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$ 인 광신호가 입력된다. 예컨대, 광분기결합기a(210a)에 전달되는 파장이  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 인 광신호는 광분기결합기a(210a)가 포함된 노드에 있어서 광스위칭 장치

(110)를 먼저 통과하게 된다. 2x2 광 스위칭 장치는 환형 망이 정상 동작할 경우 평행상태(bar)에 놓여 있어, 입력1(i1)로 인가된 신호는 출력1(o1)로 전달되고 입력2(i2)로 인가된 신호는 출력2(o2)로 전달된다. 광스위칭 장치(110)는 정상 동작하는 경우 평행상태(bar)에 놓여 있기 때문에, 입력1(i1)로 인가된  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 인 광신호는 출력1(o1)로 전달되어 파장 엇갈림기(310)로 출력된다.

<29>  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 인 광신호가 광스위칭 장치(110)를 통과하여 파장 엇갈림기(310)의 포트1에 입력되면  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 의 파장 대역의 신호만 통과할 수 있는 포트 2만을 통과하여 광분기 결합기(210a)에 전달된다. 광분기 결합기(210a)는 파장 엇갈림기(210)의 입력단은 포트 2에 연결되어 있기 때문에  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 의 파장 대역의 신호만을 입력받는다. 광분기 결합기(210a)로부터 출력된 광신호는 그 출력단에 연결된 파장 엇갈림기(312)의 포트2로 입력된다. 파장 엇갈림기(312)의 포트2로 입력된 파장  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 인 광신호는 포트 1을 통해 광스위칭 장치(120)로 전달되어 광스위칭 장치(130)로 진행하게 된다.

<30> 반면에 광섬유 링크에 장애가 발생하면 예컨대, 바깥쪽 환형 망(4)에서 광스위칭 장치(120)와 광스위칭 장치(130) 사이의 광 섬유 링크에 장애가 발생하는 경우에는, 바깥쪽 환형 망(4)의 광분기결합기a(210a)에 전송된 파장이  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 인 광신호는 광스위칭 장치(120)를 통과하여 광스위칭 장치(130)로 진행하지 못한다. 이때 장애가 발생한 링크의 양 끝에 위치한 광 스위칭 장치(120,130)는 소정의 제어 신호(도시 생략)에 의해 교차상태(cross)에 놓이게 되어 입력1 i1로 인가된 신호는 출력2 o2로 전달되고 입력2 i2로 인가된 신호는 출력1 o1로 전달된다. 광스위칭 장치(120)의 입력1(i1)로 전송된 광 신호는 소정의 제어 신호(도시생략)에 의해 광스위칭 장치(120)를

교차 상태로 설정함으로써 출력2(o2)로 출력되어 광스위칭 장치(120)의 출력2(o2)에 연결된 파장 엇갈림기(316)의 포트 1로 루프백된다.

<31> 광스위칭 장치(120)에 의해 파장 엇갈림기(316)에 입력된  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 인 광신호는 광분기 결합기(210b)를 통과하지 않고 바로 대응하는 파장 엇갈림기(314)로 전달된다. 따라서 본 발명에 따라 광분기 결합기는 자신이 분기 혹은 결합해야 할 신호만을 다중화 및 역다중화한다. 즉, 광분기결합기1b(210b)는 파장이  $\lambda 2, \lambda 4, \lambda 6, \dots, \lambda 2N$ 인 광신호만을 처리한다. 구체적으로  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 인 광신호는 파장 엇갈림기(316)의 포트1에 입력되면  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 의 파장 대역의 신호를 통과시키는 포트 2를 통해 파장 엇갈림기(314)에 전달된다. 루프백된 파장이  $\lambda 1, \lambda 3, \lambda 5, \dots, \lambda 2N-1$ 인 광신호는 파장 엇갈림기(314)의 포트 2로 역다중화한 후, 포트1에서 다시 다중화하여 파장이  $\lambda 2, \lambda 4, \lambda 6, \dots, \lambda 2N$ 인 광신호와 함께 인접 노드로 전송된다.

<32> 장애가 발생한 링크와 인접해 있지 않은 노드는 광스위칭 장치의 상태를 정상동작하는 경우와 마찬가지로 평행상태로 유지한다. 도 5에 도시된 바와 같이, 루프백 되어 돌아온 신호는 파장 엇갈림기를 통해 연결되므로, 광분기결합기의 다중화기 및 역다중화기의 용량은 각각  $1 \times N$ 으로도 충분하다. 즉, 본 발명에 따라 역다중화기와 다중화기의 용량은 각각  $1 \times N$ 으로 하여 종래 기술에서 요구되었던  $1 \times 2N$ 의 용량을 절반으로 줄였다.

<33> 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따라 구성된 광분기 결합기와  $4 \times 4$  광 스위칭 장치의 구성도이다. 도 7은 본 발명의 광분기결합기와  $4 \times 4$  스위칭 장치를 이용한 양방향 환형 광통신망의 구성도이다. 도 7의 (a)는 양방향 환형 광통신망이 장애 없이 정상 동작



할 경우이고, 도 7의 (b)는 도 7의 (a)의 광분기결합기1a와 광분기결합기2a를 연결하는 광섬유 전송 링크에 장애가 발생한 경우이다.

<34> 도 6 및 도 7의 (a)를 참조하면, 광분기 결합기(210a-240a, 210b-240b) 및 광 스위칭 장치(410-480)는 전술한 본 발명의 일실시예와 유사하게 루프백 된 신호를 광분기 결합기(210a-240a, 210b-240b)에서 다중화 및 역다중화를 수행하지 않고, 파장 엇갈림기를 사용해서 연결한다. 본 발명의 다른 실시예에 따른 4x4 광 스위칭 장치(410-480)는 루프백 되어 돌아온 신호만을 별도로 스위칭할 수 있도록 구성되어 있다.

<35> 전술한 본 발명의 일 실시예는 2x2 광 스위칭 장치(210-280)를 사용하여 장애가 발생한 링크를 통과하는 광신호 뿐만 아니라 장애가 발생하지 않은 링크를 통과하는 광신호를 루프백하는 구성을 갖는다. 이와 다르게 본 발명의 다른 실시예에서는 4x4 광 스위칭 장치(410-480)를 사용하여 장애가 발생하여 루프백된 신호만을 별도로 스위칭할 수 있도록 구성하여 장애가 발생하지 않은 링크를 지나는 신호는 루프백 되지 않고 그대로 전송될 수 있도록 한다.

<36> 이를 위해 4x4 광 스위칭 장치(410-480)는 장애가 발생하는 경우 루프백된 신호만을 파장 엇갈림기를 통해 연결하도록 본 발명의 일 실시예의 2x2 스위칭 장치와는 다르게 입출력 단자 2개를 더 구비하고 입력3a(i3a)는 출력3a(o3a)로 입력4a(i4a)는 출력4a(o4a)로 연결한다. 즉, 4x4 광 스위칭 장치(410-480)는 상기 환형망들중 하나의 광섬유 링크에 장애가 발생하면 상기 하나의 환형 망에서 처리하는 파장 대역의 광 신호를 루프백하기 위한 입출력 단자와 상기 다른 하나의 환형 망에서 처리하는 파장 대역의 광 신호를 전달하기 위한 입출력 단자를 별도로 구비한다.

<37> 양방향 환형 통신망이 장애 없이 정상 동작할 경우, 예컨대, 4x4 광 스위칭 장치 (410)의 입력1a(i1a)로 인가된 파장이  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 인 광신호는 출력 1a(o1a)로 전달되고, 상기 출력 1a(o1a)에 연결된 파장 엇갈림기(310)로 전달된다. 상기 파장 엇갈림기(310)는 포트 2로  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$  파장 대역의 광신호를 역다중화한다.  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$  파장 대역의 광신호는 상기 파장 엇갈림기(310)를 지난 후, 각 파장별로 광분기 결합기(210a)의 1xN 역다중화기(212)를 거쳐 역다중화되어 분기 혹은 결합되고, 다시 1xN 다중화기(214)를 통해 다중화되어 파장 엇갈림기(312)로 출력된다. 이어서  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$  파장 대역의 광신호는 파장 엇갈림기(312)를 지나 4x4 광 스위칭 장치(420)의 입력1b(i1b)를 통해 출력1b(o1b)로 전달되고 인접 노드로 전송된다.

<38> 마찬가지로 안쪽 환형망(2)의 광분기결합기(210b-24b) 및 4x4 광 스위칭 장치 (410-480)는 파장이  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$ 인 광신호에 대해서 동일한 과정을 수행한다. 예컨대, 4x4 광 스위칭 장치(420)의 입력2b(i2b)로 인가된 파장이  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$ 인 광신호는 출력2b(o2b)로 전달되고, 상기 출력에 연결된 파장 엇갈림기(316)로 전달된다. 상기 파장 엇갈림기(316)는 포트 3으로  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$  파장 대역의 광신호를 역다중화한다.  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$  파장 대역의 광신호는 상기 파장 엇갈림기(316)를 지난 후, 각 파장별로 광분기 결합기(210b)의 1xN 역다중화기를 거쳐 역다중화되어 분기 혹은 결합되고, 다시 1xN 다중화기를 통해 다중화되어 파장 엇갈림기(314)로 출력된다. 이어서  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$  파장 대역의 광신호는 파장 엇갈림기(314)를 지나 4x4 광 스위칭 장치(410)의 입력2a(i2b)를 통해 출력2a(o2a)로 전달되고 인접 노드로 전송된다.

<39> 반면에 광섬유 링크에 장애가 발생하면 예컨대, 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이, 바깥쪽 환형 망(4)에서 광스위칭 장치(420)와 광스위칭 장치(430) 사이의 광 섬유 링크에 장애가 발생하는 경우에는, 바깥쪽 환형 망(4)의 광분기결합기a(210a)에 전송된 파장이  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 인 광신호는 광스위칭 장치(420)를 통과하여 광스위칭 장치(430)로 진행하지 못한다.  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$  파장 대역의 광신호가 시계 방향으로 전송될 수 없기 때문에, 4x4 광 스위칭 장치 sw12(420)의 스위칭 상태를 바꾸어 파장이  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 인 광신호를 루프백하여 반시계 방향으로 전송한다. 광분기결합기 OADM4b(240b)와 광분기결합기 OADM3b(230b)는 장애가 발생한 링크와 인접해 있지 않기 때문에 스위칭 장치의 연결을 바꾸지 않고 그대로 유지한다.

<40> 이렇게 하면, 루프백 되어 전송되는 신호는 광분기결합기에서 다중화 및 역다중화 과정 없이 파장 엇갈림기를 통해 연결된다. 장애가 발생한 링크의 다른 한 쪽 끝에 있는 4x4 광 스위칭 장치 sw21(430)의 스위치 상태는 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이 루프백 되어 돌아온 파장이  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 인 광신호만을 광분기 결합기 2a(220a)로 전달하고 장애의 영향을 받지 않는 파장이  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$ 인 광신호는 그대로 전송할 수 있도록 한다. 따라서, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 장애의 영향을 받지 않는 광신호는 더불어 루프백하지 않고 전송 상태를 그대로 유지할 수 있다.

<41> 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 보호절체를 위한 양방향 환형 광통신망 노드의 상태를 세부적으로 도시한 것이다. 보호절체를 위해서는 노드의 광 스위칭 장치가 세 가지 상태 중 하나의 상태를 취하게 된다. 첫째, 장애가 발생한 링크의 왼쪽(반시계 방향)에 인접한 노드의 광 스위칭 장치이며, 둘째는 장애가 발생한 링크의 오른쪽(시계

방향)에 인접한 노드의 광 스위칭 장치이고, 마지막 셋째는 장애가 발생한 링크와 인접하지 않은 노드의 스위칭 장치이다.

<42> 도 8의 (a)는 장애가 발생한 링크의 왼쪽(반시계 방향)에 위치한 노드를 보여주는 것으로 시계 방향으로 전송되어야 할 광신호  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 이 광섬유 링크 장애로 전송되지 못함에 따라 입력1b(i1b)에서 출력4b(o4b)로 루프백 된다(굵은 실선). 아래쪽(반시계 방향) 링크에 장애가 발생하지 않았을 경우에 반시계 방향으로 전송되는 신호  $\lambda_2, \lambda_4, \lambda_6, \dots, \lambda_{2N}$ 는 루프백 되지 않고 전송 상태를 그대로 유지한다 (굵은 점선). 루프백된 광신호는 파장 엇갈림기를 이용해 반시계방향으로 전송되는 신호와 함께 다중화되어 반시계 방향 인접 노드로 전송된다. 도 7의 광 스위칭 장치 연결 상태에서 가는 실선은 어떠한 신호도 전달되지 않음을 나타낸다.

<43> 도 8의 (b)는 장애가 발생한 링크와 인접하지 않은 노드를 도시한 도면이다. 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이, 루프백된 신호와 장애의 영향을 받지 않은 신호를 파장 엇갈림기를 이용해 인접 노드로 전송한다.

<44> 도 8의 (c)는 장애가 발생한 링크의 오른쪽(시계 방향)에 위치한 노드를 보여주는 것이다. 반시계 방향으로 루프백되어 전송된 광신호  $\lambda_1, \lambda_3, \lambda_5, \dots, \lambda_{2N-1}$ 은 본래 시계방향으로 전송되어야 할 신호이므로 이를 광 스위칭 장치를 이용하여 본래의 방향으로 되돌려 놓는다. 이 때 스위치의 상태는 입력4a(i4a)가 출력1a(o1a)로 연결 된다(굵은 실선). 장애가 발생하지 않은 아래쪽(반시계 방향)의 신호는 루프백 되지 않고 전송 상태를 그대로 유지한다 (굵은 점선).

**【발명의 효과】**

<45> 이와 같이, 본 발명은 양방향 자기치유 환형 광통신망에서 전송되는 광신호 채널의 간격의 종래 기술의 2배가 되도록 함으로써 전송 성능을 향상시키고; 보호절체를 위해 루프백 방식을 사용하더라도 장애가 발생하지 않은 링크를 통과하는 광신호는 종래 기술에서 발생하던 단절없이 정상적으로 전송될 수 있도록 하고, 종래 기술에서 광분기결합기에 요구되었던 다중화기와 역다중화기의 용량을 절반으로 줄였다. 따라서, 본 발명에 따르면, 경제적인 광통신망의 구현과 효율적인 망의 운용이 가능하다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

제1 환형 망과 제2 환형 망에서 각각 N개의 광신호를 처리하고, 제1 환형 망과 제2 환형 망중 하나에 장애가 발생하는 경우 다른 하나의 환형망을 이용하여 보호 절체를 행하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광통신망에 있어서,

상기 광 통신망의 각 노드는,

상기 제1 환형 망 및 제2 환형 망에 대해 각각 구비되고  $1 \times N$ 의 용량을 각각 갖는 역다중화기와 다중화기를 갖는 광분기 결합기들과,

상기 제1 환형 망과 상기 제2 환형 망에 걸쳐 구비되고 상기 광분기 결합기와 다른 노드에 연결되는 광 섬유 링크 사이에 결합된 한 쌍의 스위칭 장치와,

상기 제1 환형 망 및 제2 환형 망에 대해 구비된 광분기 결합기의 양단에 각각 구비되며, 상기 스위칭 장치에 연결되고 모든 대역의 파장이 통과할 수 있는 포트 1, 상기 환형 망들중 하나에서 처리하는 파장 대역의 광 신호만을 통과할 수 있는 포트 2 및 상기 환형 망들 중 다른 하나에서 처리하는 파장 대역의 광 신호만을 통과할 수 있는 포트 3을 갖는 파장 엇갈림기들을 구비하고,

상기 파장 엇갈림기는 광섬유 링크에 장애가 생기는 경우 자신이 속하는 환형 망에서 처리하는 광 신호를 자신이 연결된 광분기 결합기의 일단에 전달하고 자신이 속하지 않는 환형 망에서 처리하는 광 신호는 자신에 연결된 광 분기 결합기를 통과하지 않고 광분기 결합기의 타단의 파장 엇갈림기에 전달하는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광 통신망.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서, 상기 환형 망들중 하나의 광섬유 링크에 장애가 발생하면 상기 한 쌍의 광 스위칭 장치중 장애가 발생한 광섬유 링크의 일단에 연결되고 광신호가 진행되는 방향으로 송신측에 있는 광 스위칭 장치는 입력되는 광 신호를 상기 환형 망들중 다른 하나로 스위칭하는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광 통신망.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서, 상기 환형 망들중 하나의 광섬유 링크에 장애가 발생하면 상기 한 쌍의 광 스위칭 장치중 장애가 발생한 광섬유 링크의 일단에 연결되고 광신호가 진행되는 방향으로 수신측에 있는 광 스위칭 장치는 입력되는 광 신호를 상기 환형 망들중 다른 하나로 스위칭하는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광 통신망.

**【청구항 4】**

제1 환형 망과 제2 환형 망에서 각각 N개의 광신호를 처리하고, 바깥쪽 환형 망과 안쪽 환형 망중 하나에 장애가 발생하는 경우 다른 하나의 환형망을 이용하여 보호 절체를 행하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광통신망에 있어서,

상기 광 통신망의 각 노드는,

제1 환형 망과 제2 환형 망에 대해 각각 구비되고  $1 \times N$ 의 용량을 각각 갖는 역다중 화기와 다중화기를 갖는 광분기 결합기들과,

제 1 환형 망과 제2 환형 망에 걸쳐 구비되고 상기 광분기 결합기와 다른 노드에 연결되는 광 섬유 링크 사이에 결합되며, 각각은 상기 환형망들중 하나의 광섬유 링크에 장애가 발생하면 상기 하나의 환형 망에서 처리하는 파장 대역의 광 신호를 루프백하기 위한 입출력 단자와 상기 다른 하나의 환형 망에서 처리하는 파장 대역의 광신호를 전달하기 위한 입출력 단자를 별도로 구비하는 한 쌍의 스위칭 장치와,

상기 제1 환형 망 및 제2 환형 망에 대해 구비된 광분기 결합기의 양단에 각각 구비되며, 상기 스위칭 장치에 연결되고 모든 대역의 파장이 통과할 수 있는 포트 1, 상기 환형 망들중 하나에서 처리하는 파장 대역의 광 신호만을 통과할 수 있는 포트 2 및 상기 환형 망들 중 다른 하나에서 처리하는 파장 대역의 광 신호만 을 통과할 수 있는 포트 3을 갖는 파장 엇갈림기들을 구비하고,

상기 파장 엇갈림기는 광섬유 링크에 장애가 생기는 경우 자신이 속하는 환형 망에서 처리하는 광 신호를 자신이 연결된 광분기 결합기의 일단에 전달하고 자신이 속하지 않는 환형 망에서 처리하는 광 신호는 자신에 연결된 광 분기 결합기를 통과하지 않고 광분기 결합기의 타단의 파장 엇갈림기에 전달하는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광 통신망.



**【청구항 5】**

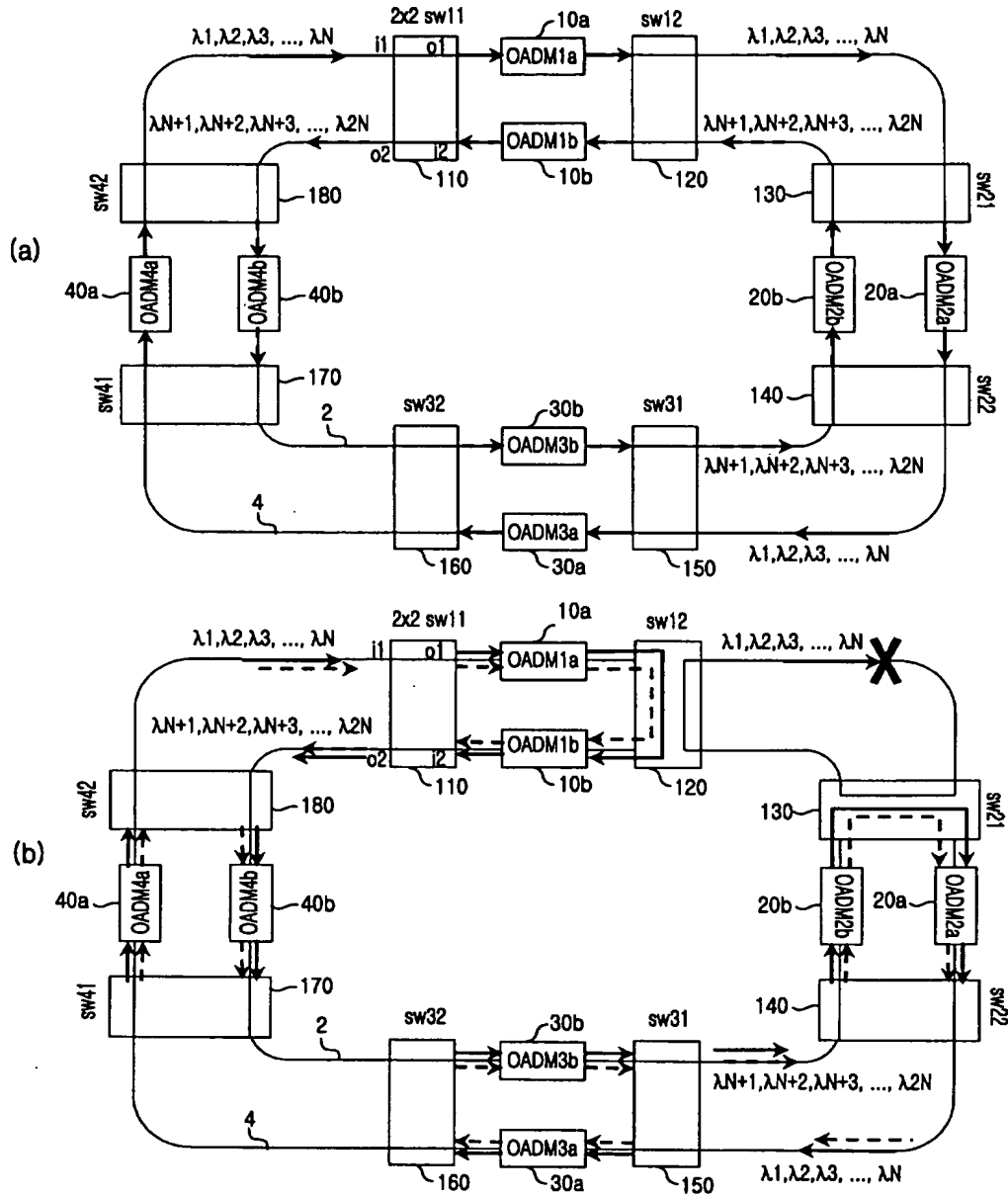
제4항에 있어서, 상기 환형 망들중 하나의 광섬유 링크에 장애가 발생하면 상기 한 쌍의 광 스위칭 장치중 장애가 발생한 광섬유 링크의 일단에 연결되고 광신호가 진행하는 방향으로 송신측에 있는 광 스위칭 장치는 입력되는 광 신호를 상기 환형 망들중 다른 하나로 스위칭하는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광 통신망.

**【청구항 6】**

제4항에 있어서, 상기 환형 망들중 하나의 광섬유 링크에 장애가 발생하면 상기 한 쌍의 광 스위칭 장치중 장애가 발생한 광섬유 링크의 일단에 연결되고 광신호가 진행하는 방향으로 수신측에 있는 광 스위칭 장치는 입력되는 광 신호를 상기 환형 망들중 다른 하나로 스위칭하는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 양방향 자기치유 환형 광 통신망.

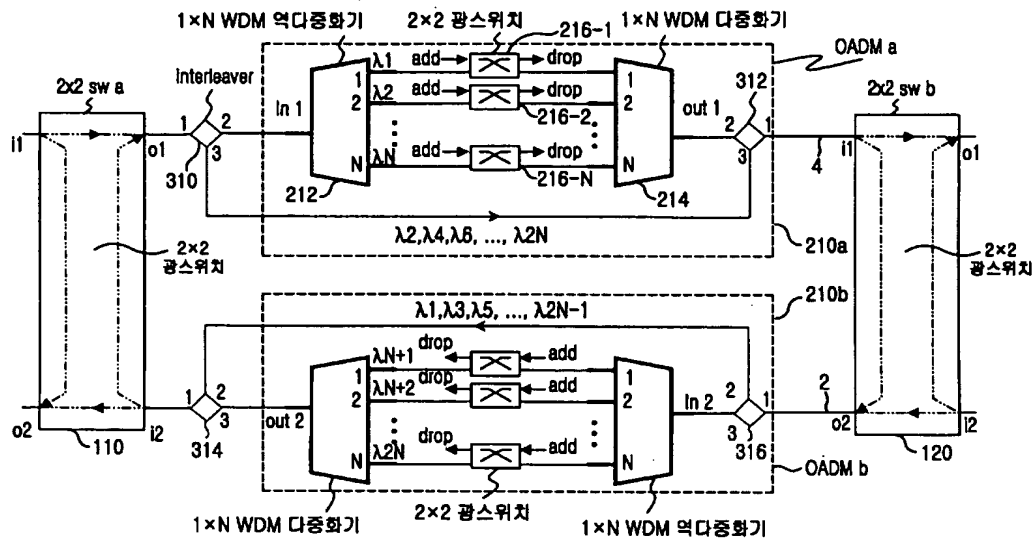
【도면】

【도 1】

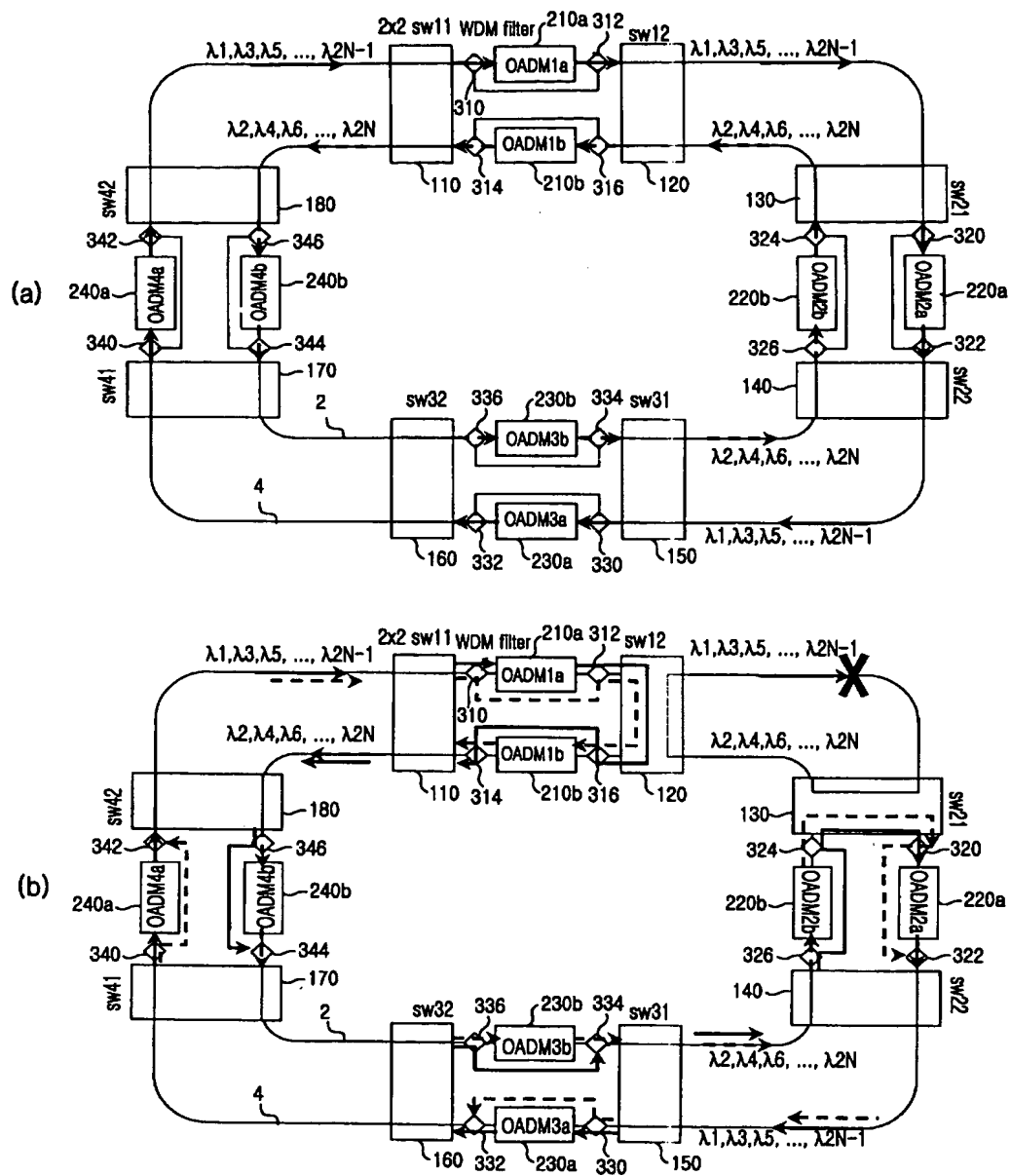




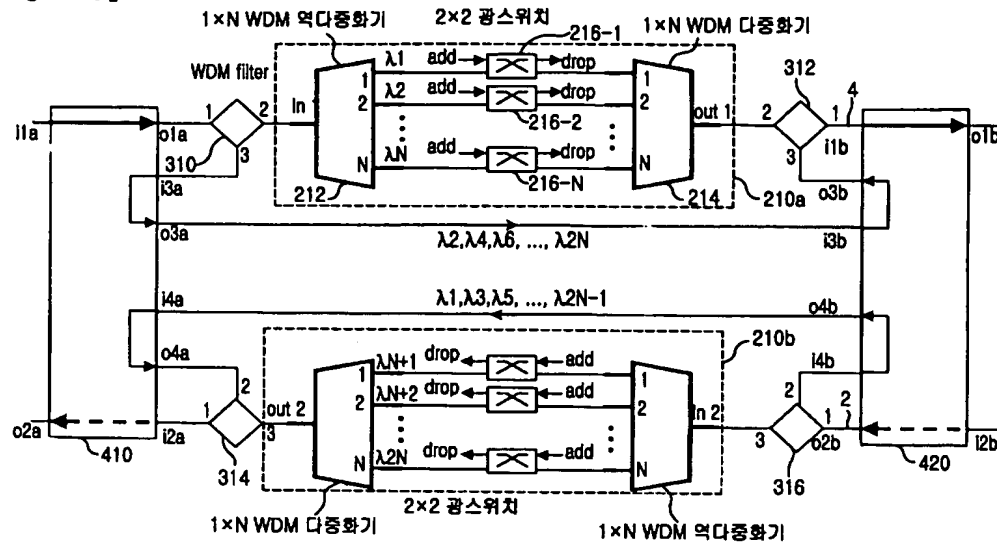
【도 4】



【도 5】



【도 6】



【도 7】

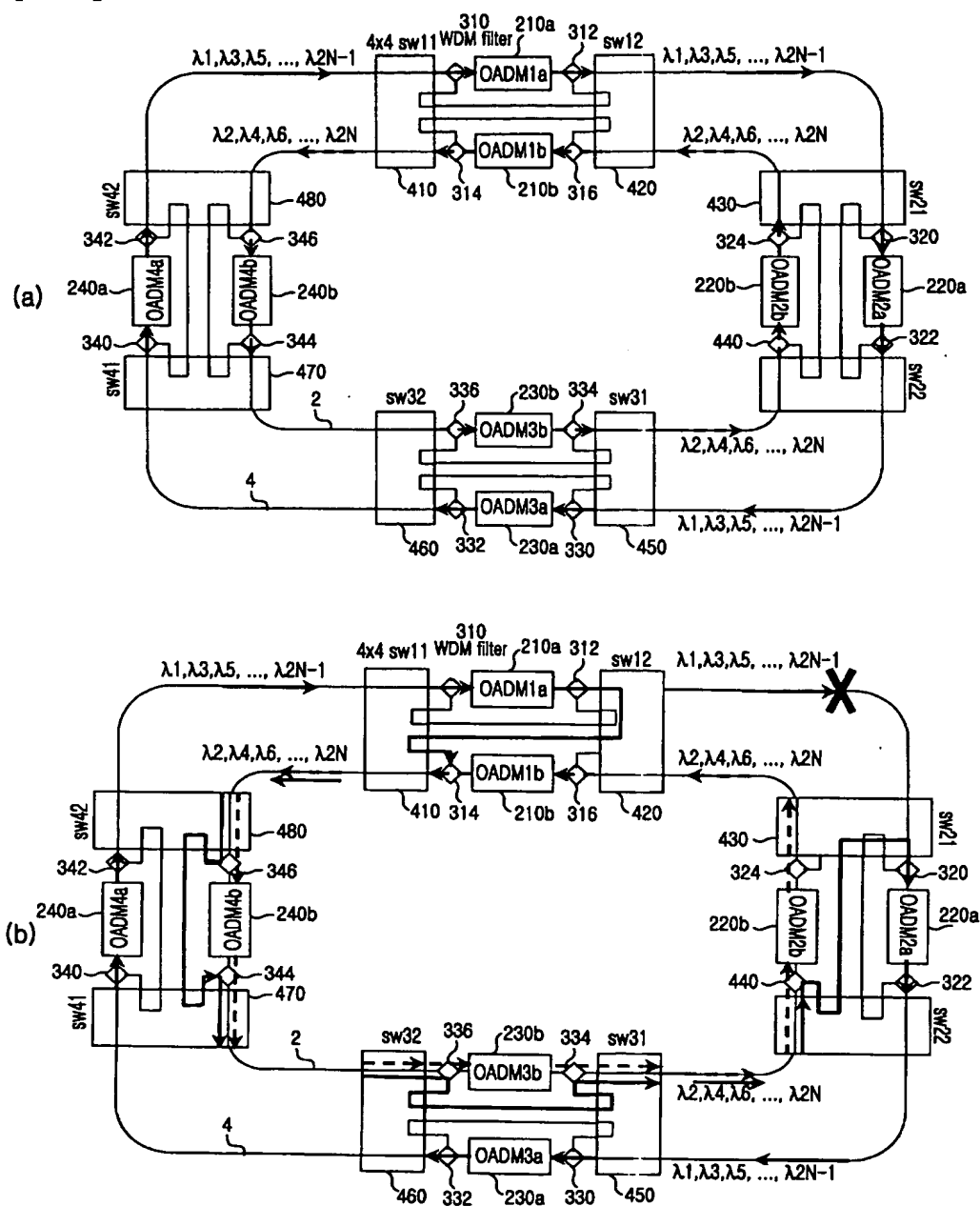


Figure 1 is a block diagram of a WDM optical switch. The diagram illustrates the flow of optical signals through various components:

- 1xN WDM 역다중화기 (1xN WDM Demultiplexer):** Receives input  $i1a$  and splits it into  $N$  channels ( $o1a$  to  $oN-1a$ ).
- 2x2 광스위치 (2x2 Optical Switch):** Routes the  $N$  channels between the demultiplexer and the multiplexer.
- 1xN WDM 다중화기 (1xN WDM Multiplexer):** Combines the  $N$  channels into a single output  $o1b$ .
- Feedback Path (410):** Returns the output  $oN-1b$  to the input of the demultiplexer.
- Control Path (420):** Manages the operation of the optical switch.

Figure 1 is a block diagram of a WDM multiplexing/demultiplexing system. The system consists of two main stages: a 1xN WDM demultiplexer (240a) and a 1xN WDM multiplexer (240b). The demultiplexer (240a) takes an input signal 11a and splits it into N channels (11b, 13b, 14b). The multiplexer (240b) takes N channels (12a, 13a, 14a) and combines them into output 12b. The system also includes a 2x2 optical switch (470) and a 2x2 optical switch (480).